

(54) OPTICAL EXCHANGER

(11) 6-186598 (A) (43) 8.7.1994 (19) JP

(21) Appl. No. 5-170011 (22) 9.7.1993

(71) HITACHI LTD (72) HIROAKI INOUE(2)

(51) Int. Cl.<sup>6</sup> G02F1/313, G02F1/35, H04Q3/52

**PURPOSE:** To provide an optical exchanger using a semiconductor optical switch array.

**CONSTITUTION:** This device is constituted of a semiconductor switch array in which plural semiconductor optical switches (311 to 344) having an optical amplification part in a by-path optical waveguide being the passing part of an one-side pass crossing type optical switch or a both-side pass crossing type optical switch are combined and a means by which voltage is changed between terminals of every optical amplification part are monitored and outgoing ends to be connected are discriminated by reading out a part of the header parts in optical signals incident on semiconductor optical switches and semiconductor optical switches are made to be in ON state or in OFF state by the discrimination signals. Thus, the small-sized optical exchanger with a high performance is obtained.



(10) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-186598

(43) 公開日 平成6年(1994)7月8日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/313		8707-2K		
1/35	5 0 1	9316-2K		
H 0 4 Q 3/52	1 0 1 B	9076-5K		

審査請求 未請求 請求項の数1(全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-170011  
 (62) 分割の表示 特願平1-17604の分割  
 (22) 出願日 平成1年(1989)1月30日

(71) 出願人 000005108  
 株式会社日立製作所  
 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
 (72) 発明者 井上 宏明  
 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
 株式会社日立製作所中央研究所内  
 (72) 発明者 魚見 和久  
 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
 株式会社日立製作所中央研究所内  
 (72) 発明者 石田 宏司  
 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
 株式会社日立製作所中央研究所内  
 (74) 代理人 弁理士 小川 勝男

(54) 【発明の名称】 光交換機

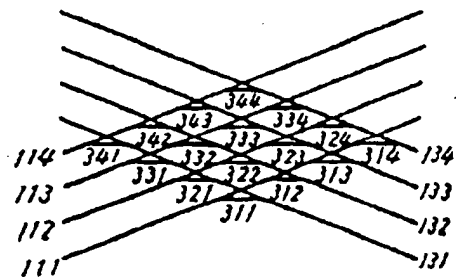
(57) 【要約】

【目的】 本発明の目的は、半導体光スイッチアレイを利用した光交換機を提供することにある。

【構成】 片渡り交差型若しくは両渡り交差型光スイッチの渡り部分であるバイパス光導波路に光増幅部を有する半導体光スイッチ(311~344)を複数組み合わせた半導体スイッチアレイと、上記各光増幅部の端子間電圧の変化をモニタし上記半導体光スイッチに入射される光信号内のヘッダー部を読み取り接続すべき出射端を識別し、この識別信号により上記半導体光スイッチをON状態又はOFF状態とする手段とからなる。

【効果】 小型かつ高機能の光交換機を得ることができる。

図 6



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】片渡り交差型若しくは両渡り交差型光スイッチの渡り部分であるバイパス光導波路に光増幅部を有する半導体光スイッチを複数組み合わせた半導体スイッチアレイと、上記各光増幅部の端子間電圧の変化をモニタし上記半導体光スイッチに入射される光信号内のヘッダ部を読み取り接続すべき出射端を識別する手段と、上記識別手段からの信号により上記半導体光スイッチをON状態又はOFF状態とする手段とからなる光交換機。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光交換機に係り、特に半導体光スイッチアレイを利用した光交換機に関する。

## 【0002】

【従来の技術】本発明者等は半導体光スイッチとして、素子長が短く、半導体基板上への大規模な集積を可能とする半導体導波路型光スイッチ、渡り交差型構造光スイッチ若しくは光交換機に用いられる集積された半導体導波路型光スイッチの構造についていくつかの提案をしてきている。それらは、例えば、アイトリプルイー ジャーナル オン セレクティッド エリアズ イン コミュニケーションズ、第ジェイ エスエイシー 6巻、第1262頁から第1266頁、1988年 (IEEE Journal on Selected Areas in Communications, J-SAC-6, pp. 1262-1266, 1988) において論じた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術によれば、極めて小型な光スイッチアレイを実現することができるが、分岐部での散乱、光スイッチ特性不良による損失増加や漏話量の増加、更に導波路固有の導波損失など、種々の伝播損失があるという問題がある。このため一層の光スイッチの大規模、高密度集積化をしようとした場合、これらの伝播損失を無視することができないという技術的な課題がある。

【0004】本発明者らは、上記従来技術での損失及び漏話量増加の要因に関し種々の実験検討を行ったところ、従来例にない新しい機能をもつ光スイッチが実現できる知見を得た。

【0005】本発明はこの知見に基づいてなされたものであり、その目的は、上記従来技術の有する課題を解決し、新規な機能を有する半導体光スイッチアレイを用いた光交換機を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の一局面によれば、光波を導くための第1の導波路と、上記光波を導くための第2の導波路と、上記第1の導波路と上記第2の導波路との間に配設されて上記第1の導波路を伝播する上記光波の伝播方向を変化させるための伝播方向変換手段と、上記第1の導波路と上記第2の導波路とを連結し

上記光波を上記第1の導波路から上記第2の導波路へ導くための第3の導波路と、この第3の導波路上に設けられこの第3の導波路を伝播する上記光波を増幅するための光波増幅手段とを有する半導体光スイッチが提供される。第3の導波路上に光波増幅手段を設けることにより、不要な雑音成分を増幅することなく光波を増幅して、低損失のスイッチを実現する。上記光波増幅手段としては、半導体レーザの構造を用いることができる。半導体レーザは光学的に活性な領域を有し、この領域に注入されるキャリア・エネルギーの加減に応じて光放出状態（いわゆるレーザ状態）、光増幅状態、及び光吸収状態とに分類でき、本発明はこれらの各状態のうち光増幅状態若しくは光吸収状態とを積極的に利用するものである。このような半導体レーザの構造を上記第3の導波路と光学的に結合させる。また、本発明の好ましい形態はこのような光波増幅手段と、電極からの注入キャリアにより誘起される半導体媒質の屈折率変化を利用した上記伝播方向変換手段とを組合せて半導体光スイッチを実現することである。本発明の限定された一局面によれば、上記光波増幅手段の動作時期と上記伝播方向変換手段の動作時期とを同期させた半導体光スイッチが提供される。

【0007】この同期は例えば、前記光波増幅手段と上記伝播方向変換手段を動作させるための電極を共通電極とすることにより得てもよい。

【0008】本発明の他の限定された一局面によれば、前記半導体光スイッチが前記第1の導波路を伝播する光波を導くための前記第2の導波路とは異なる第4の導波路を有する半導体光スイッチが提供される。このような半導体光スイッチは、前記伝播方向変換手段により、前記伝播方向変換手段に外部より与えられる信号に応じて、第1の導波路を伝播してきた光波を前記第2若しくは第4の導波路へ振り分ける。

【0009】本発明の他の限定された一局面によれば、前記半導体光スイッチが前記第1の導波路を伝播する第1の光波以外の第2の光波を導くための第5の導波路を有する半導体光スイッチが提供される。これにより、前記第2の導波路は前記伝播方向変換手段により、前記伝播方向変換手段に外部より与えられる信号に応じて上記第1の光波若しくは上記第2の光波を伝播する。上記第5の導波路はこの第5の導波路を伝播する前記第2の光波が前記第3の導波路を伝播しないように前記伝播方向変換手段に結合（光学的に結合）される。前記第2の導波路は、外部から前記伝播方向変換手段に与えられる信号に応じて、前記第1の光波若しくは前記第2の光波を伝播する。

【0010】本発明の更に限定された他の一局面によれば、前記光波増幅手段がモニター機能を有する半導体光スイッチが提供される。このような半導体光スイッチにより、光波が前記第1の光波であるか前記第2の光波で

光波を識別することが可能となる。モニター機能を有するものとしては例えば前述した半導体レーザ構造等の光波増幅手段を用いることができる。半導体光スイッチの前記光波増幅手段には前記光波識別のための識別手段が接続される。

【0011】本発明の他の一局面によれば、前記光波増幅手段がゲート機能を有する半導体光スイッチが提供される。このような半導体光スイッチは、前記第1の光波を前記第2の導波路へ導く必要が無い場合に、前記第1の光波を前記光波増幅手段で増幅する。

【0012】本発明の更に他の一局面によれば、複数の入力導波路と複数の出力導波路と、上記入力導波路と上記出力導波路との交差部に配設された複数のスイッチ機能部と、これらスイッチ機能部に設けられた複数の光波増幅手段とを有する半導体光スイッチが提供される。このような半導体光スイッチはそのスイッチ機能部に光波増幅機能が存在するため、各スイッチ機能部において特定の光波のみを増幅する。

【0013】本発明の限定された一局面によれば、前記スイッチ機能部は前記複数の入力導波路のうち特定の入力導波路を伝播してきた光波のみが伝播するバイパス導波路を有し、前記光波増幅手段はこのバイパス導波路に設けられている半導体光スイッチが提供される。

【0014】本発明の更に他の一局面によれば、複数の入力光波を受けてそれらの入力光波のうち選択された特定の入力光波のみを増幅し、特定の出力光波とする半導体光スイッチが提供される。このような半導体光スイッチによれば、前記特定の出力光波は前記特定の入力光波以外の入力光波であって増幅されたものを實質上含まない。

【0015】本発明の更に他の一局面によれば、片渡り交差型若しくは両渡り交差型光スイッチの渡り部分であるバイパス光導波路に光増幅手段を設けた半導体光スイッチが提供される。

【0016】本発明の限定された一局面によれば、前記半導体光スイッチが複数組み合わせられた半導体光スイッチアレイが提供される。また複数の本発明に係る半導体光スイッチを並列に若しくは多段に組合せることにより、低損失、低漏話特性を装置全体で向上した半導体光スイッチアレイを用いた光交換機が実現できる。

【0017】

【作用】従来、光スイッチ等の光波変調手段を介して導波された光は、その変調の後、例えば出力端にて光増幅されている。光波変調手段での伝播損失はこの光増幅により補償されるが、同時に光波変調手段において漏話等により混入した不要な光波成分も光増幅され、結果として出力光波の雑音成分は減少しない。これを解決するには必要な光波のみを増幅する必要が有るが、これを光波変調手段に到達する前段階で行なうと今度はこの必要な光波の漏話が大きくなり、半導体光スイッチの出力マ

ージンが低下することに変わりはない。

【0018】従って、この光増幅機能をスイッチ機能部に持たせることにより上述した問題は全て解決される。即ち、スイッチ機能部は特定の光波を選択する（別の言葉で言えば伝播方向を変換する）部分を有しており、光波がこの部分を通過した後に光増幅することにより上記必要な光波のみの増幅が可能となる。但し、スイッチ機能部を通過した後（具体的には出力導波路）において光増幅すると、結果は前述した出力端における増幅と同じであり、無意味である。なお、ここでスイッチ機能部とは、入力導波路と出力導波路との間に配設された部分であって、光を偏向するための機能を具備する領域を言う。

【0019】また元来、半導体レーザ等の光増幅領域は励起が行われていない事には、光吸収部として機能し、励起が充分な状態では入力光信号を増幅する。本発明で言う第3の導波路、若しくは片渡り交差型若しくは両渡り交差型光スイッチの渡り部分であるバイパス光導波路は交換する光信号のみが通過するという従来の光スイッチには存在しない機能を持っており、このバイパス光導波路に光増幅機能をもたせれば、光スイッチがOFF状態（光信号はバイパス光導波路を通らない状態）では光吸収部として機能させ、光スイッチがON状態（光信号がバイパス光導波路を通る状態）では光増幅部として機能させることができる。この結果漏話量が格段に減少され、増幅部の増幅度に応じて損失が低減あるいは光信号が増幅される。さらにこの光増幅部は光スイッチ内部に存在するため大規模に集積された際個別に増幅度が調整可能なので光スイッチアレイの特性を均一にすることも可能となる。また、光増幅部での吸収された光を電気的信号に変換し読み取ることも可能であるので光増幅部を光信号モニタとして使用することができる。従って、光交換機などの光処理装置へ応用した際、通話先の識別や通話終了の判断等が可能となる。本発明をキャリア注入型光スイッチ方式と同時に用いれば、注入キャリアをスイッチング機能及び増幅機能の両方に使用できるので小型で高機能な光スイッチが容易に実現できることになる。従って、小型で、漏話特性、低損失特性に優れた光交換機用光スイッチアレイを用いた光交換機が実現できる。

【0020】

【実施例】以下、本発明の実施例を説明する。

【0021】実施例では、第2図（a）及び（b）に示した各々片渡り及び両渡り交差型構造の内、片渡り交差型構造をもちいた場合について詳述する。両渡り交差型構造を用いても本発明の効果は同様である。

【0022】（実施例1）本実施例では、第1図に示したように片渡り交差型構造のバイパス光導波路1に光増幅部2を設けた。本実施例ではInP基板3上に、LPFを用いた、InGaAsP光増幅部2、（両渡り交差型）

$\lambda_g = 1.15 \mu\text{m}$ ), InP障壁層5, InGaAsP光増幅層6 (吸収端波長 $\lambda_g = 1.30 \mu\text{m}$ ), InPクラッド層7, InGaAsPキャップ層8を多層成長した後, InGaAsPキャップ層8を取り除き、バイパス光導波路部以外の部分のInPクラッド層7, InGaAsP光増幅層6 (吸収端波長 $\lambda_g = 1.30 \mu\text{m}$ )を選択エッチング法を用いて除去した。次に、全体にInPクラッド層7, InGaAsPキャップ層8を再成長した。この後、通常のリソグラフィ技術とエッチング技術により第3図(a)及び(b)に示した形状の光導波路を光増幅部以外9及び光増幅部1に形成した。形成した光導波路の幅は $5 \mu\text{m}$ であり、X字型の導波路交差角は $14^\circ$ 、Y字型の光導波路分岐角は $7^\circ$ である。形成した光スイッチには通常の電極形成技術を用いて、光スイッチ動作のためのキャリア注入領域10及び各領域へのキャリア注入のための電極を形成した。作製した光スイッチの動作を第4図及び第5図を用いて説明する。特性評価において、光入射端11に波長 $1.3 \mu\text{m}$ の半導体レーザ光を入射した。第4図の構成では、光スイッチ部と光増幅部の電極を接続し、両方のキャリア注入部を同時に駆動した。このとき約 $200 \text{mA}$ の注入電流で出射端12は出射端13にほぼ完全に切り換わり、挿入損失及び漏話量は各々 $3 \text{dB}$ 、 $-30 \text{dB}$ であった。この値は光増幅部を設けなかった素子に比べて各々 $5 \text{dB}$ 、 $10 \text{dB}$ の改善であった。次に、第5図の構成、即ち、光スイッチ部と光増幅部の電極を別々に用い、双方のキャリア注入部を別個に駆動した。光スイッチ部へ約 $120 \text{mA}$ 、光増幅部へ約 $200 \text{mA}$ の注入電流を流したとき出射端12は出射端13にほぼ完全に切り換わり、挿入損失及び漏話量は各々 $2 \text{dB}$ 、 $-30 \text{dB}$ であった。すなわち、 $2 \text{dB}$ の利得を得ることができた。この結果、本発明による損失の低減又は無くする基本機能及び漏話量を低減するの基本機能が確認できた。

【0023】本実施例では光導波路の構造に第3図に示したリッジ型を用いたが通常の光導波路の構造である装荷型、BH型、CSP型等の屈折率導波型光導波路構造だけでなく、利得導波型光導波路構造を用いても同様の効果が得られることは言うまでもない。又、半導体材料としてInGaAsP系を用いているが、他の半導体材料系たとえばGaAlAs系、InGaAlAs系等のIII-V族系やII-VI族系を用いても同様の効果が得られる。

【0024】(実施例2) 本実施例では実施例1の半導体光スイッチ第6図の形状に16個集積し、4入力4出力を持つ完全格子型 $4 \times 4$ 光スイッチアレイを作成した。本発明の片渡り交差型及び両渡り交差型光スイッチの渡り部分であるバイパス光導波路は交換する光信号のみが通過するという従来の光スイッチには存在しない機能を持っているため、従来例にない、光交換機能を実現

できる。従来例の構成、即ち光スイッチアレイの入・出射端に光増幅器を配置するといった第7図に示した構成では、入射端211、212、213、214から入射した光信号は光スイッチアレイのどの格子点にあるスイッチ単位がON状態になるかによって出射端231、232、233、234のどこの出射端に出力されるかが異なり、各結線状態により光導波路の経路、長さ等が異なるため入射端あるいは出射端に配置した光増幅器21、22、23、24を一定の条件下で動作させたのでは損失の結線状態によるバラツキを調整することができない。(たとえば出射端231への光出力はスイッチ単位411、421、431、441がON状態になれば各々入射端211、212、213、214からの光信号である。各経路で光導波路の長さ、状態が異なるため当然経路ごとの損失値も異なる。) それに対し、本発明の半導体光スイッチで構成した第6図の光スイッチアレイは各格子点に配置されたスイッチ単位に個別の光増幅機能があるため、結線状態による光導波路の経路、長さ等が異なるための損失バラツキを調整することができる(どの格子点にあるスイッチ単位がON状態になるかによって入射端と出射端の経路は一意的に決まるので、その経路の損失値に応じて各格子点での増幅度を一義的に決めてやればよい。) 本実施例ではこの機能を確認するため、第6図の構成で入射端111から入力した光信号が出射端131、132、133、134に同じ光強度で出力するように4つのスイッチ単位311、312、313、314の光増幅度を個別に調整し挿入損失が $5 \text{dB}$ となるようにした。必要な電流値は各々 $200$ 、 $220$ 、 $230$ 、 $260 \text{mA}$ であった。同様に入射端112、113、114から入力した光信号が各出射端131、132、133、134に同じ光強度で挿入損失が $5 \text{dB}$ となるように出力するよう、残りの12個のスイッチ単位321、322、323、324、331、332、333、334、341、342、343、344の光増幅度を個別に調整した。この結果、どの入射端から入力した光信号もどの出射端へも同じ光強度で出力するという本発明の新しい機能が確認できた。

【0025】(実施例3) 本実施例では、本発明の光信号モニタ機能を利用して光交換機を実現した。構成は第6図と同様のものを用いた。入射端111から入力した光信号をスイッチ単位311、312、313、314の光増幅部の端子間電圧の変化でモニタし、光信号内のヘッダー部を読み取り接続すべき出射端を識別した。この識別された信号に応じて、該当する出射端132へ出射するように該当するスイッチ単位312をON状態とした。更に、この状態でスイッチ単位312の光増幅部の端子間電圧の変化で信号の内容をモニタし、通話が終了した時点を識別し、スイッチ単位312をOFF状態とし、出射端132への接続を断絶した。この結果、本発明の光信号モニタ機能が確認でき、高度な機能を持つ

光交換機が実現できることが確認できた。――

【0026】

【発明の効果】本発明によれば、小型で、漏話特性、低損失特性に優れた新しい機能を持った光交換機用光スイッチアレイが提供できるので、新たな光情報処理及び伝送システムにおける高機能な光交換機の構築を可能とする。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の動作を説明するための概念図。

【図2】本発明に使用した片渡り交差型及び両渡り交差型光スイッチの構造を説明するための模式図。

【図3】本発明に使用した光増幅部以外及び光増幅部のリッジ型光導波路の断面構造図。

【図4】本発明の使用形態を示した模式図。

【図5】本発明の使用形態を示した模式図。

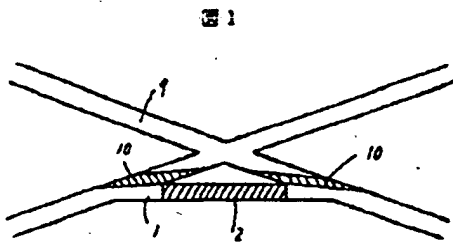
【図6】実施例で用いた本発明の半導体光スイッチで構成した4×4光スイッチアレイの模式図。

【図7】実施例で本発明との比較のため用いた従来例での4×4光スイッチアレイに光増幅器を配置した構造の模式図。

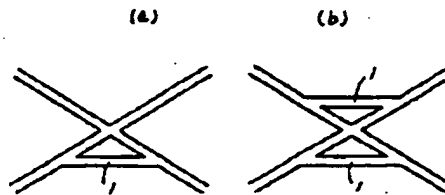
【符号の説明】

1…バイパス光導波路、2…光増幅部、3…InP基板、4…InGaAsP光導波層、5…InP障壁層、6…InGaAsP光増幅層、7…InPクラッド層、8…InGaAsPキャップ層、9…光導波路、10…キャリア注入領域。

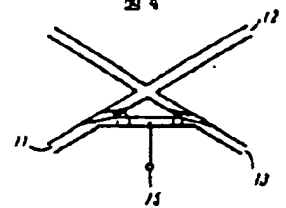
【図1】



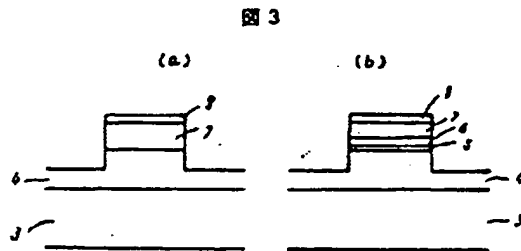
【図2】



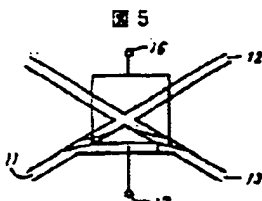
【図4】



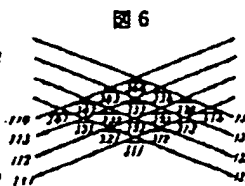
【図3】



【図5】



【図6】



【図7】

